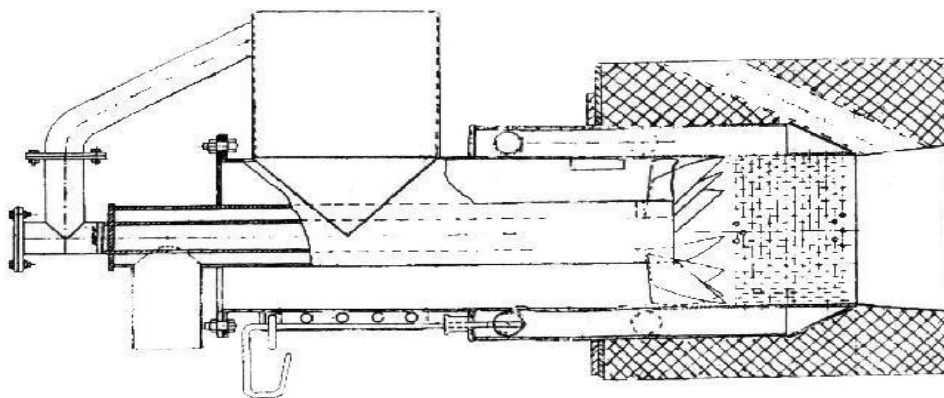


## УТОЧНЕНИЕ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КРУТКЕ ПОТОКА, ФОРМИРУЮЩЕГО ФАКЕЛ, С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ

Специалистам известно, что интенсивность крутки потока при выходе из горелки в топку определяет почти все характеристики факела. Прежде всего, от нее зависит надежность стабилизации горения, размеры горящего факела. Она влияет также на полноту сгорания топлива и экологическую безопасность. Известно также, что современный процесс стадийного факельного сжигания в атмосфере дефицита кислорода жестко зависит от крутки воздушных потоков, определяющих аэродинамическую структуру отдельных потоков и суммарного факела в целом. Сама структура индивидуального факела вихревой горелки, в свою очередь, исключительно определяется конструктивными особенностями ее завихрителей воздуха (регистров), длиной и формой выходных каналов и конструкцией амбразуры. Эти свойства индивидуальных факелов горелок, их крутки определяют взаимодействие в топке индивидуальных факелов горелок, формирующих суммарный или результирующий горящий факел.

Авторами проанализирован опыт исследования моделей горелок новым способом управления закрученными потоками, разработанным и изученным на кафедре ТЭС ранее, и выполнены необходимые пересчеты структуры потоков на выходе из этих горелок с точки зрения новых уточненных представлений о формировании крутки отдельных слоев этих потоков. Механизм управления работой такой горелки теперь также известен. Это струйный радиальный вдув (СРВ) части воздуха через перфорированную стенку ее выходного цилиндрического канала. При этом ранее была получена и многократно подтверждена рекордная, по сути, глубина воздействия СРВ на структуру и крутку формируемого горелкой потока (вихря) и полученные им часто необычные характеристики горящих факелов в пространстве за горелкой. Характер влияния СРВ одной из горелок на крутку результирующего потока (вихря) показаны на рис. 1, а.

а



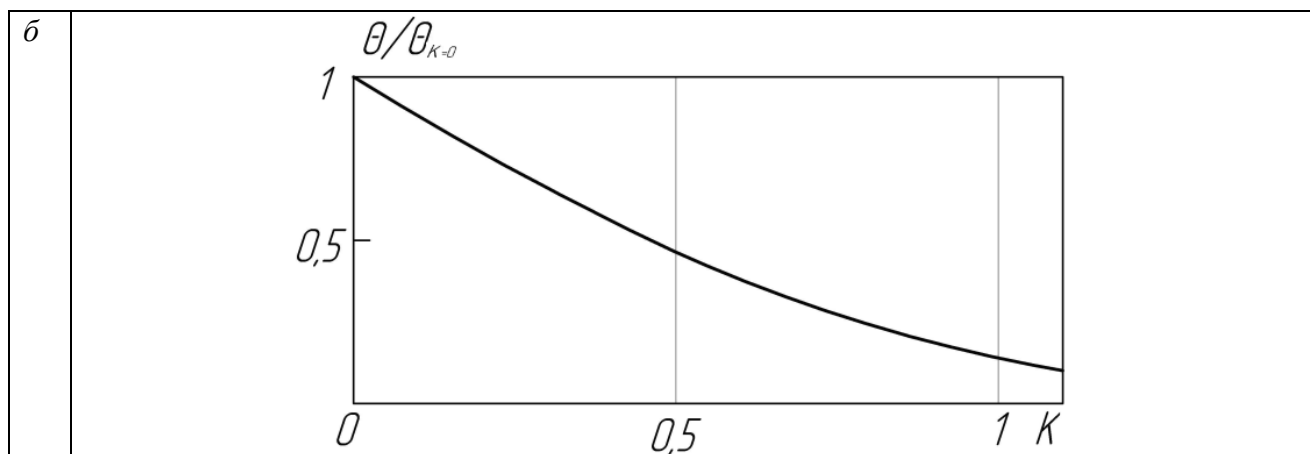


Рис. 1. Опытная горелка с управляющим СРВ (а) и характер изменения крутки потока на входе из горелки при включении и усилении СРВ через стенку в зависимости от безразмерного импульса управляющего вдува  $K$  (б)

Один из вариантов внедрения СРВ даже слабой интенсивности показал на горелках котлов ПК-47 практически рекордные отечественные показатели содержания в дымовых газах оксидов азота (всего 100–115 мг/м<sup>3</sup>) без газовой рециркуляции и схем двухстадийного сгорания, с полным сгоранием газа при самых низких в стране избытках воздуха за топками котлов энергоблоков ТЭС (не более 1,02). Интенсивность крутки вихря на выходе из разных схем горелок определялась традиционно (по Дубовопу, Бэру, Червинскому, Лойцянскому):

$$\Theta = C \cdot M_{\text{вых}} / K_{\text{вых}} \cdot D. \quad (1)$$

Этот метод считается пока наиболее приемлемым. Здесь  $C$  равно 4, а  $D$  равна внутреннему диаметру амбразуры горелки. Позже установлено, что в реальности крутка отдельных слоев вихря существенно неравномерна и сильно отличается от интегральной, рассчитанной по формуле (1), изменяясь по радиусу потока. Особенно сильны изменения местной крутки отдельных слоев при регулировании горелкой с помощью СРВ в горелке такого типа, показанной на рис. 1. Для оценки местной крутки были предложены формулы. Из них, видимо, самой объективной является выражение

$$\omega_i = 2 \rho_{mi} / (r_i \cdot \rho_{ki}). \quad (2)$$

В этой формуле использовано отношение плотностей потоков момента и осевого импульса выделенного кольца радиуса  $r_i$  в объеме потока (вихря).

При трансформации вихря на выходе из горелки управляющим СРВ лишь крутка сужающейся зоны осевого обратного тока (ЗОТ) имеет тот же характер изменения, что и у крутки всего потока. Но изменения крутки других характерных зон вихря уже сильно не совпадали с изменениями крутки всего потока. Далее местную крутку любых выделенных нами зон обозначим через отношение к местной крутке того же кольца в режимах без включения СРВ –  $\omega/\omega_{k=0}$ . Например, так называемая зона квазипотенциального вращения (ЗКПВ) (рис. 2, а), содержащая базовую часть вихря, – от пристенной зоны до внешней границы зоны осевого обратного тока (ЗОТ), – имеет иной характер, чем в ЗОТ, показанной правее (рис. 2, б). Однако для инженерной практики при анализе работы, для проектирования горелок и для адекватных оценок наиболее инте-

ресным и важным является полученное изменение безразмерной крутки в цилиндрической зоне условного ядра потока (ЯП), включающей сумму зон ЗКПВ и ЗОТ (рис. 2, в).

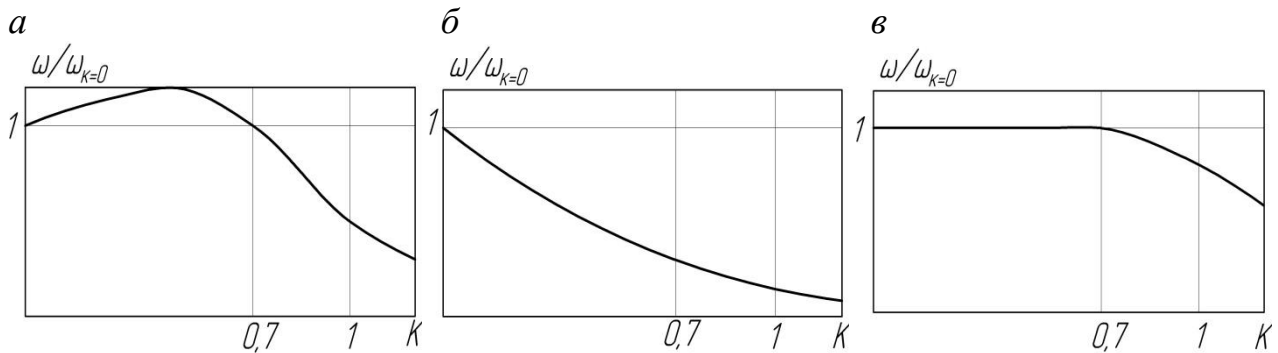


Рис. 2. Относительная крутка зон потока (вихря) при включении СРВ:  
а – ЗКПВ; б – ЗПОТ; в – ЯП

Сопоставляя графики на рис. 1, б и 2, б, можно установить, что до режима СРВ, в котором  $k \leq 0,7$ , крутка зоны ЯП не изменится, хотя крутка всего потока или вихря уменьшается примерно в 3 раза, выходя за пределы поддержания на практике условий самовоспламенения горящего факела у обычных горелок с таким же лопаточным завихрителем воздуха. Только при усилении СРВ до режимов  $k > 0,7$  крутка зоны ЯП начинает снижаться. Это означает, что горелки с применением управляющего СРВ по схеме, как на рис. 1, а, должны полностью сохранять условия устойчивого воспламенения топлива в факеле при снижении крутки суммарного потока ниже уровней, при которых обычно происходит погасание или обрыв горящего факела в топке. То есть использование СРВ обеспечит экономию энергии на дутье, а удлинение результирующего факела с потерей его крутки может обеспечить снижение выхода оксидов азота при сохранении полноты выгорания топлива.

В 2005 г. все это было доказано экспериментально на опытной горелке для небольшого отопительного котла (рис. 3).



Рис. 3. Факелы одной и той же горелки:  
а – без СРВ и при слабом СРВ ( $0 < k < 0,3$ ); б – при сильном СРВ ( $0,7 < k < 0,9$ )

Факелы на рис. 3, *а* аналогичны факелам большинства известных конструкций вихревых горелок. Факелы на рис. 3, *б* уже не получить обычными горелками. Еще сильнее отличаются факелы при усилении СРВ до  $k \approx 1,2-1,4$ , показанные на рис. 4.



Рис. 4. Устойчивое горение газа в особых тороидальных факелах, оторванных от горелки, с характерным постепенным сгоранием промежуточных продуктов горения пропана в явно восстановительной атмосфере

Они демонстрируют горение газа в свободном пространстве с полным отрывом от горелки. Этот результат, видимо, уникален. Его можно рассматривать как базу для создания новых вихревых горелок низкотоксичного сжигания имеющих специальные камерные топки нового типа.

УДК 699.86

Попова А. П., Бакрунова Т. С.  
Самарский государственный технический университет  
andryanna@bk.ru

## ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сегодня вопрос тепловой эффективности является весьма актуальным, так как пришла новая эра – экономии тепловой энергии.

Повышение эффективности использования теплоты является одной из составляющих энергосбережения. Выполнение этого требования определяется комплексом конструктивно-планировочных решений зданий и инженерных мероприятий, направленных на обеспечение оптимального теплового режима в отапливаемых помещениях при наименьших затратах тепловой энергии.

На процесс теплоотдачи зданий оказывает существенное влияние объемно-пространственная композиция здания и его конструктивные параметры, теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций, размеры и конструкции заполнения световых проемов, способы обогрева и регулирования теплоотдачи в отапливаемые помещения.